

金属非金属地下矿山监测监控系统研究

程生楷

(四川铸创安全科技有限公司, 四川 成都 610041)

摘要 为了提高金属非金属地下矿山的开采效率和安全性, 本研究按国家相关标准与矿山实际设计金属非金属地下矿山监测监控系统。首先对矿山监测监控系统的组成及功能进行深入分析, 探讨各个子系统的构成与工作原理, 明确各子系统在整个监测监控系统中的作用和功能; 其次通过对监测监控系统的设计研究, 从系统架构设计、传感器选型与布局、数据传输与处理等方面入手, 提出科学合理的设计方案, 旨在为确保系统能够实现实时、准确地监测和有效地控制提供借鉴。

关键词 金属非金属矿山; 地下矿山; 监测监控; 系统设计

中图分类号: TD7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.13.007

0 引言

在现代矿山地下开采工程不断发展的背景下, 地下开采的深度也在不断增加, 监测监控系统对于金属非金属地下矿山的安全与发展具有关键作用。它能够实时、准确地监测矿山开采过程中的各种参数和状态, 系统在出现异常情况的时候能够及时报警, 提醒工作人员解决问题, 预防事故。另外, 还能够为矿山企业的生产提供相应的数据支持, 利用监测数据对生产流程进行优化, 降低成本, 提高效率, 促进矿产企业的发展。

1 监测监控系统概述

1.1 系统构成

通过主机、传输接口、分站、传输线缆、传感器等设备及管理软件构成监测监控系统。

监测设备作为系统的感知层, 负责采集各类数据。

传输网络是连接监测设备与控制中心的纽带, 常见的传输方式包括有线传输和无线传输。有线传输主要采用光缆或电缆, 常见的无线传输技术有 Wi-Fi、ZigBee 等。

监测系统的核心内容就是控制中心, 承担着数据处理、分析决策和控制指令下达等重要任务, 它主要由服务器、监控主机、管理软件等组成。

1.2 系统分类及功能

监测监控系统按监测内容可分为有毒有害气体监测、视频监控、通风监测、地压监测等系统, 以及集成了以上多种监测功能的综合监测监控系统。

监测监控系统具备多种重要功能。监测功能是通

过各类传感器, 能够实时、准确地采集矿山井下的各种参数, 并将这些数据传输到控制中心进行分析和处理。预警功能是当系统监测数据超过预设的安全阈值时发送声光报警信号, 要求工作人员及时使用相应的措施, 避免发生事故。利用控制功能对数据进行监测, 系统可以对矿山的通风设备、排水设备、提升设备等进行远程控制。数据存储与分析功能是系统能够将监测数据进行存储, 形成历史数据库, 方便后续查询和分析。通过对历史数据的深入挖掘, 可以发现矿山生产过程中的潜在规律和趋势, 为安全生产决策提供科学依据^[1]。

2 监测监控系统关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术是监测监控系统的基础, 对系统监测可靠性与精度有直接的影响。在金属非金属地下矿山复杂的环境中, 需要多种类型的传感器来实现对不同参数的精确监测。

1. 气体传感器主要用于检测井下空气中的有毒有害气体浓度。例如: 一氧化碳传感器多采用电化学原理, 其内部有两个电极, 工作电极上一氧化碳会发生氧化反应, 产生与一氧化碳浓度成正比的电流信号。当井下二氧化碳浓度发生变化时, 传感器会及时捕捉到这一变化, 并将其转化为电信号输出。

2. 压力传感器用于监测矿山中的各种压力参数, 压阻式压力传感器是较为常用的一种, 其基于压阻效应工作, 当受到压力作用时会改变传感器内部的电阻值, 利用电阻值的变化得出压力大小。

3. 位移传感器主要用于监测矿山巷道、采场等部

位的位移情况,以判断其稳定性。例如:激光位移传感器利用激光的反射原理,发射激光束到被测物体表面,通过测量反射光的时间或相位变化来确定传感器与物体之间的距离,从而计算出物体的位移。

4. 温湿度传感器的主要功能就是对井下环境的温度和湿度进行监测。电阻式湿度传感器通过湿度对电阻的影响来检测湿度,在环境温度改变时,也会改变传感器电阻值,利用电阻值的测量就能够得出温度信息。半导体温湿度传感器则利用半导体材料的温度和湿度特性来实现对温湿度的监测。

5. 粉尘传感器用于监测矿山井下空气中的粉尘浓度。光学粉尘传感器通过光的吸收和散射原理来检测粉尘浓度,当光线照射到粉尘颗粒上时,会出现散射和吸收的情况,传感器通过检测散射光或透射光的强度变化来计算粉尘浓度^[2]。

2.2 数据传输技术

在监测监控系统中,数据传输技术是确保监测数据及时、准确传输的关键环节,它直接影响着系统的实时性和可靠性。目前,矿山监测监控系统中常用的数据传输技术主要包括有线传输和无线传输,它们各自具有独特的特点和适用场景。

有线传输技术在矿山监测监控系统中应用广泛,其中以太网是一种常见的有线传输方式。它基IEEE 802.3标准,传输介质一般使用光缆或者双绞线,具有传输速率高、稳定性好、抗干扰能力强等优点。通过铺设光缆,可实现千兆甚至万兆的传输速率,确保各类传感器采集的海量数据能够及时、准确地传输,为矿山的安全生产提供有力的数据支持^[3]。

RS-485总线也是一种常用的有线传输技术,它采用差分信号传输方式,具有传输距离远、抗干扰能力较强等特点。在矿山环境中,一些监测设备分布较为分散,且对传输速率要求不是特别高,RS-485总线就可以发挥其优势。它的传输距离可达1 200米左右,能够满足大多数矿山井下监测设备的布线需求。RS-485总线通常采用半双工通信方式,在同一时刻只能进行单向数据传输。为了实现多个设备之间的通信,它采用了总线式拓扑结构,所有设备都连接在同一条总线上,但需要通过地址编码来区分不同的设备。这种结构简单、成本较低,但也存在一定的局限性,如总线上的设备数量有限,且当总线出现故障时,可能会影响整个系统的通信。

ZigBee技术是一种低功耗、低速率、低成本的无线通信技术,主要适用于短距离、低数据量的传输场景。

在金属非金属地下矿山中,它常用于构建无线传感器网络,实现对井下环境参数、设备状态等的实时监测。ZigBee技术具有自组网能力,节点之间可以自动建立通信链路,形成一个多跳的无线网络。ZigBee技术的传输速率相对较低,一般在250 kbps左右,但它的功耗非常低,节点设备可以采用电池供电,使用寿命较长^[4]。

2.3 数据处理与分析技术

在监测监控系统中,数据处理与分析技术是实现矿山安全生产和高效管理的核心环节。通过对传感器采集的大量数据进行科学处理和深入分析,能够及时发现潜在的安全隐患,为矿山的安全生产提供有力支持。

数据处理首先要进行数据清洗,矿山监测数据可能受到多种因素干扰,如传感器故障、电磁干扰、传输噪声等,导致数据出现缺失值、异常值和噪声。如在监测一氧化碳浓度时,由于传感器受到瞬间强电磁干扰,出现了异常高值。此时,采用基于统计学的方法,如 3σ 准则,对数据进行清洗。通过这一方法,成功识别并剔除了该异常值,保证了数据的准确性。对于缺失值,可采用插值法进行处理。如在监测地压数据时,某段时间内出现了数据缺失,利用线性插值法,根据相邻时间点的地压数据,按照线性关系计算出缺失值,从而保证了数据的连续性。

数据融合也是重要的处理环节,矿山监测监控系统通常包含多个类型的传感器,不同传感器采集的数据可能存在互补或冗余信息。使用数据融合技术,能够使数据的准确性与可靠性得到提高。如根据风速和风量传感器的精度和可靠性为其分配不同的权重,将它们采集的数据进行融合处理,得到更准确的通风状态信息。

利用大量的数据发现潜在的知识与模式,此过程就是数据挖掘流程,在矿山监测监控系统中具有重要应用。关联规则挖掘可以发现不同监测参数之间的关联关系。聚类分析则可以将相似的数据对象归为一类,从而发现数据的分布规律。通过对每类设备的数据分析,能够及时发现设备的异常运行状态,提前进行维护保养,减少设备故障率。

实时监测和预警是通过建立实时数据监测平台,将处理后的数据实时展示给矿山管理人员,一旦发现数据异常,能够及时采取措施。预警功能则基于阈值预警和趋势预警两种方式实现。阈值预警是根据矿山安全生产标准和经验,为每个监测参数设定安全阈值。当监测数据超过阈值的时候,系统立刻发送预警信号。趋势预警则是通过对监测数据的趋势分析,预测参数的变化趋势,提前发出预警^[5]。

3 系统设计与实现

3.1 系统架构设计

监测监控系统采用分层分布式架构,这种架构模式能够有效提高系统的可靠性、可扩展性和灵活性,整个系统主要由感知层、传输层、数据层和应用层构成。

1. 感知层是监测监控系统的基础,其主要功能是采集矿山井下的各种物理量信息,这一层分布着大量的传感器,如一氧化碳、风速、风压、温度、烟雾、地压等传感器,这些传感器根据各自的工作原理,将采集到的物理量转换为电信号或数字信号。

2. 传输层采用有线和无线相结合的传输方式,将感知层采集到的数据快速、准确地传输到数据层和应用层,能够支持系统实时控制与监测。

3. 数据层负责对传输层传输过来的数据进行存储、处理和分析。它采用分布式数据库技术,在多服务器节点中存储数据信息,提高了数据的存储容量和可靠性。

4. 应用层是监测监控系统与用户交互的界面,为矿山管理人员和操作人员提供了直观、便捷的操作平台。它主要包括实时监测界面、报警管理、数据分析与报表生成、设备控制等功能模块。实时监测界面以图形化的方式展示矿山井下各个监测点的实时数据,使管理人员能够及时掌握矿山生产实际情况。报警管理模块实时分析监测数据,当数据超过预设的阈值时,及时发出短信报警、声光报警、邮件报警等,提醒工作人员使用针对性的措施。数据分析与报表生成模块能够对历史数据进行分析,生成各种报表和图表,如日报表、月报表、趋势图等,为矿山的生产管理和决策提供数据支持。设备控制模块则实现了对矿山通风设备、排水设备、提升设备等的远程控制,根据监测数据和预设的控制策略,对设备运行情况手动或者自动调节,确保矿山生产的安全和高效。

3.2 硬件选型与配置

在金属非金属地下矿山监测监控系统中,硬件设备的选型与配置至关重要,直接关系到系统的性能和监测效果。以下是系统所需的主要硬件设备,包括传感器、分站、服务器等。

1. 传感器选型与配置。传感器作为监测监控系统的前端感知设备,其选型应根据矿山的实际监测需求和环境条件进行综合考虑,选择测量范围和精度合适的各类传感器。

2. 分站选型与配置。分站作为连接传感器和传输接口的关键设备,应具备兼容性强、可靠性高、数据

处理能力强等特点。选用的分站应具有多个信号输入接口,可连接多种类型的传感器,同时具备 RS485、CAN 等通信接口,便于与传输接口进行数据传输。

3. 服务器选型与配置。服务器是监测监控系统的数据处理和存储中心,应选用高性能的服务器,配备多核处理器、大容量内存和高速硬盘,能够快速处理大量的监测数据,确保系统在运行过程中能够快速读取和处理数据,数据存储的可靠性与安全性得到提高。

3.3 软件功能设计与开发

监测监控系统的软件功能设计与开发是整个系统的核心环节,直接关系到系统的实用性和可靠性。通过开发功能齐全(应具备实时监测、数据存储与管理、报警、设备控制、用户管理等功能)、操作便捷的软件,能够实现对矿山生产过程的全面监控和有效管理,为矿山安全生产提供有力支持^[6]。

4 结束语

金属非金属地下矿山监测监控系统为矿山提供了安全避险的主要系统,应用该系统可提高矿山生产的安全性。本文对金属非金属地下矿山监测监控系统的特点进行了分析,并进行了系统设计与实现。采用分层分布式架构,包括传输层、感知层、数据层和应用层,各层协同工作,确保系统的高效运行。在硬件选型与配置上,对传感器、分站、服务器等硬件设备进行了合理选型和配置,保证了系统的性能和监测效果。软件功能设计与开发实现了实时监测、报警、数据存储与管理、设备控制和用户管理等功能,为矿山管理人员提供了高效、方便的操作平台。

参考文献:

- [1] 冯亮. 基于互联网通信的矿井供电智能监控系统设计[J]. 通信电源技术, 2024, 41(23): 16-18.
- [2] 张齐盛. 基于矿山模型和管控系统的采矿自动化设计[J]. 中国科技成果, 2024, 25(23): 20-22.
- [3] 宫平, 赵艳, 周明涵. 基于模糊PID控制的矿井智能通风控制系统设计[J]. 矿山机械, 2024, 52(12): 58-62.
- [4] 申晓良, 胡澜夕, 高炎旭, 等. 基于TDLAS技术的井下多组分气体浓度监测(特邀)[J]. 光子学报, 2024, 53(10): 107-116.
- [5] 申斌学. 基于矿山工业互联网的选煤厂智能管控体系设计与关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2024, 52(09): 210-219.
- [6] 陈自新, 李栋, 董佳, 等. 多维可视化智能巡检虚实协同技术研究及其在金凤煤矿的应用[J]. 中国煤炭, 2024, 50(10): 115-122.